RED BUILDING TEAM

قسم هندسة الحواسيب والأتمتة

السنة الثانية / الفصل الأول

الحُقول الكَهرطِيسيّة

المحاضرة الثالثة

7 صفحات

الدكتور: تيسير حجازي

التاريخ: ٢٠/١٠/٢٠١٤

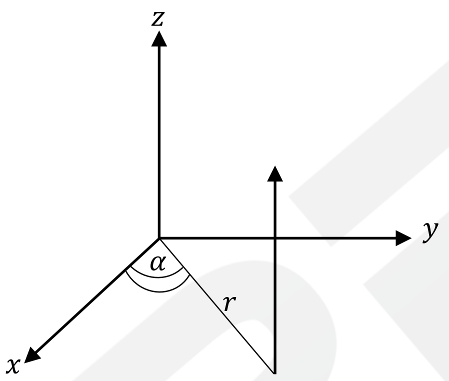
*التعبير عن تدرج الكمون بالاحداثيات الاسطوانية وبالاحداثيات الكروية:

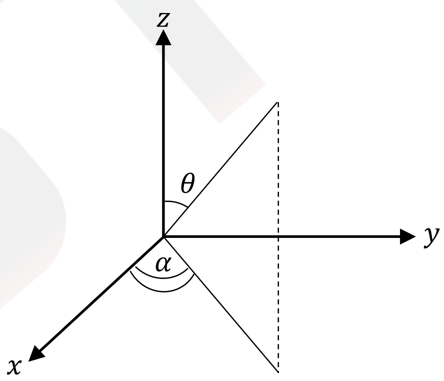
١.بالاحداثيات الاسطوانية:

$$grad\ \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial r}\overrightarrow{r_0} + \frac{1}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\overrightarrow{\alpha_0} + \frac{\partial \varphi}{\partial z}\overrightarrow{z_0}$$

حيث: r_0, α_0, z_0 أشعة

$$grad\ \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial R}\overrightarrow{R_0} + \frac{1}{R}\frac{\partial \varphi}{\partial \theta}\overrightarrow{\theta_0} + \frac{1}{R\sin\theta}\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha}\overrightarrow{\alpha_0}$$





*الشحنات الكهربائية:

الشحنة النقطية: (c) q

الشحنة الخطية: (c/m) $\tau = \rho\ell = \frac{q}{\ell}$

الشحنة السطحية: (c/m^2) $\rho_s = \frac{q}{s}$

الشحنة الحجمية: (c/m^3) $\rho_v = \frac{q}{v}$

•• الشحنات الحرة والشحنات المقيدة –استقطاب الأجسام:

الشحنات الحرة: هي الشحنات الكهربائية التي تتكمن من الحركة بحرية تحت تأثير قوى الحقل ولا تتحدد حركتها الجزئية..

الشحنات المقيدة (المرتبطة): هي الشحنات الكهربائية التي تدخل في تركيب الجسم والتي تبقى في وضع معين بسبب خضوعها للقوى الجزئية .. مثل هذه الشحنات ترتبط بالجسم ولا تبتعد عنه. وإن مجموع الشحنات المرتبطة الموجبة يساوي مجموع الشحنات المرتبطة السالبة ..

_لو وضعنا جسم عازل في حقل كهربائي فإنه يستقطب ونعني بالاستقطاب تغير ترتيب وضع الشحنات المرتبطة بالجسم بسبب الحقل الكهربائي.
ويظهر هذا التغيير كما يلي:
حيث تتحرك المرتبطة السالبة (-) في الجسم باتجاه الكمون الأعلى والشحنات المرتبطة الموجبة (+) باتجاه الكمون المنخفض.
-وتبقى الشحنات تتحرك حتى تتساوى قوى تأثير الحقل المؤثرة على الشحنات المرتبطة مع القوى الجزئية وفي النتيجة:
يظهر الاستقطاب على سطح الجسم كما لو أنَّ الشحنات المرتبطة قد انكشفت.

*ويعرُّف **ثنائي القطب الكهربائي (الدبُل الكهربائي) :** هو شحنتين نقطيتين لهما مقدار متساوي وبإشارة متعاكسة مفصولان عن بعضهما بمسافة ميكروسكوبية صغيرة بالمقارنة مع المسافة الى النقطة التي يراد عندها دراسة الحقل الكهربائي للدبل.

•• شُعاع الإستقطاب: P

يدعى الجداء $q\ \ell$ بالعزم الكهربائي لشحنتين متساويتين بالقيمة متعاكستين بالإشارة وتقعان بالنسبة إلى بعضهما البعض على مسافة ℓ .
ويدعى العزم الكهربائي لمجموع ثنائيات الأقطاب الموجودة معاً في واحدة حجم الجسم V بشعاع الاستقطاب ويرمز له P

$$P = \sum \frac{P_i}{\Delta V} = \frac{q\ell}{V}$$

•• تصنيف الاستقطاب:

يصنف الاستقطاب تبعاً للآلية الفعلية لإزاحة الشحنات:

١. **الاستقطاب الإلكتروني:** إذا كانت هذه الآلية تخص انزياح مراكز الشحنة للإلكترونات والنواة.

٢. **الاستقطاب الأيوني:** عندما تنزاح مراكز الشحنات الأيونية.

٣. **الاستقطاب الديبولي:** بعض المواد العازلة تتكون بنيوياً من ديبولات كهربائية ذات إزاحة دائمة وفي حال غياب الحقل الكهربائي E فإنها تخضع لحركة عشوائية بينما تنتظم تحت تأثير الحقل الكهربائي.

٤. **الاستقطاب التسريبي:** إن بعض المواد تحتوي على شحنات كهربائية حرّة ضمن غلاف الجزيء لذلك عند تعرضها لحقول كهربائية خارجية تنتظم مثل هذه الشحنات وفق أقطاب متتالية مُشكّلةً ما يسمى الاستقطاب التسريبي.

- وتعد ظاهرة الاستقطاب الكهربائي ظاهرة فيزيائيّة هامّة التي تظهر نتاج تفاعل الحقل الكهربائي مع المادة، حيث تتطلب ظاهرة الاستقطاب:

*العودة إلى المكونات البنيويّة الميكروسكوبية.

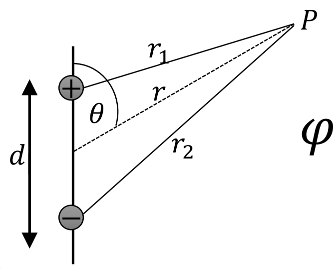
*وتحديد درجة تأثرها بالحقول الخارجية.

*وكذلك تعيين سويّة تداخلها مع الحقول المذكورة.

- لا نحتاج عند دراسة ظاهرة الاستقطاب إلى ثابت العازلية الكهربائية ε أو أي عامل آخر سوى للشحنات الكهربائية وهذا المنهج يعطي الإمكانية للكشف عن بعض العلاقات والمعادلات الأساسية بين الخصائص والمعاملات الفيزيائية والهندسية.
- مما سبق نستنتج أن دراسة ظاهرة الاستقطاب تحتاج إلى دراسة الحقل الكهربائي للدبِل وننطلق بعض ذلك من حساب الكمون الكهربائي لكل قطب على حدى ثمّ نستخدم مبدأ التراكم، بعد الاستعانة بقانون كولون..

<u>سؤال دورة: برهن أن الحقل الكهربائي للدبِل ينخفض بدرجات كبيرة كلما ابتعدنا عن مركزه.؟</u>

نعرف الدبِل ثم نُكمل من مبدأ التراكُم:



$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \ldots\ldots\ldots (I)$$

وبما أن $r \gg d$ فإننا نعتبر أن:

تُعادل وتكافِئ

$$r_1^2 \cong r^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 - 2r\left(\frac{d}{2}\right)\cos\theta$$

$$r_1 \cong r - \frac{d}{2}\cos\theta$$

$$r_2 \cong r + \frac{d}{2}\cos\theta$$

بتعويض ذلك في العلاقة (I) نحصل على:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{r_2 - r_1}{r_2 \cdot r_1} = \frac{q}{4\pi\varepsilon}\left[\frac{d.\cos\theta}{r^2 - \left(\frac{d^2}{4}\right)\cos^2\theta}\right]$$

وباعتبار أن : $E = -\nabla\varphi$ و $P_i = q.d$

$$\Rightarrow \bar{E} = \frac{P_i\cos\theta}{2\pi\varepsilon r^3}\vec{r} + \frac{P_i\sin\theta}{2\pi\varepsilon r^3}\vec{\theta} \ldots\ldots\ldots (\text{II})$$

مما سبق نستنتج أن الدبْل الكهربائي يولد حقلاً كهربائياً في الفراغ المحيط، ويتميّز بخطوط قوى ذات تناظر ويتناسب عكساً مع مربع البعد عن مركزه.

أما شدة حقله فتتناسب عكساً مع مكعب البعد عن مركزه بالمقارنة مع الشحنة النقطيّة. أي أنّ الحقل الكهربائي للدبل ينخفض بدرجات كبيرة كلما ابتعدنا عن مركزه.

أثر الاستقطاب في نظريّة غاوس:

$$\oint D\,ds = q_r$$

$$\oint (\varepsilon_0 E + P)\,ds = q_r$$

$$\varepsilon_0 \oint (E)\, ds + \oint P\, ds = q_r$$

$$\Rightarrow \varepsilon_0 \oint E\, ds = q_r + q_f$$

$$\Rightarrow \oint E\, ds = \frac{q_r + q_f}{\varepsilon_0}$$

الشحنات المقيّدة

الشحنات الحرّة

•شعاع التحريض الكهربائي D "شُعاع الإنزياح الكهربائي"-كثافة فيض الإزاحة:

هو عبارة عن شعاع مساعد لشعاع الحقل الكهربائي ويتجه بنفس اتجاهه وواحدته C/m^2 ولا يتعلّق بخواص الوسط أو ما يسمى بثابت العازلية الكهربائية.

***ما الفرق بين شعاع التحريض D وبين شعاع شدّة التيار E .؟**

شعاع التحريض D	شدة التيار E
C/m^2	V/m
شُعاع مُساعد	شُعاع أساسي
لا يتعلق بخواص الوسط	يتعلق بخواص الوسط
$D = \varepsilon E = \varepsilon \dfrac{q}{4\pi\varepsilon R^2}$ $D = \dfrac{q}{4\pi R^2} = \dfrac{q}{S}$	$E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon R^2}$

مسألة:

المطلوب استخراج معادلة لحساب حقل ثنائي الأقطاب (الدبول الكهربائي)

أو عرّف الدبل الكهربائي واستنتج العلاقات المتعلقة به.

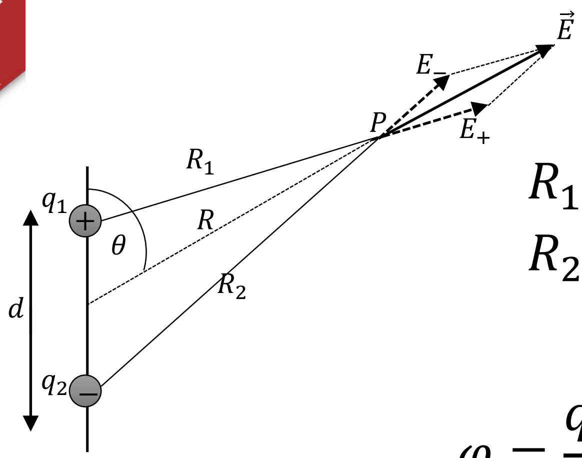
الحل: الدبِل الكهربائي: هو عبارة عن شحنتين نقطيتين متساويتين بالقيمة ومتعاكستين بالإشارة تفصل بينهما مسافة ميكروسكوبية صغيرة.

الزاوية بين الناظم ونصف القطر R هي θ

نحدد كمون النقطة a المطلوب حساب شدّة الحقل فيها

ككمون في حقل شحنتين نقطيتين وحسب قانون كولون:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2}\right)$$



فلو كانت $R \gg d$ فإن:

$$R_1 R_2 = R^2$$
$$R_2 - R_1 = d\cos\theta$$

بالتعويض بالعلاقة الأساسيّة:

$$\varphi = \frac{q\,d\,\cos\theta}{4\,\pi\,\varepsilon\,R^2}$$
$$E_r = -\frac{\partial\varphi}{\partial R} = \frac{q\,d\,\cos\theta}{2\,\pi\,\varepsilon\,R^3}$$
$$E_\theta = -\frac{\partial\varphi}{R\partial\theta} = \frac{q\,d\,\sin\theta}{4\,\pi\,\varepsilon\,R^3}$$
$$E_\alpha = 0$$
$$\Rightarrow E = \sqrt{E_r^2 + E_\theta^2}$$

فرضيات غاوس (نظريات غاوس):

تعتبر فرضيّة غاوس من أهم الفرضيات المستخدمة في نظرية الحقول الكهرطيسية وهي على نوعين "صيغتين":

(الصيغة الأولى: تُوجَد وتسمّى الصيغة التكامليّة)

(الصيغة الثانية: تسمّى الصيغة التفاضليّة)

١.فرضية غاوس في الصيغة التكاملية:

أ- إن سيالة شعاع الإزاحة الكهربائية عبر أي سطح مغلق يحيط بحجم ما يساوي إلى المجموع الجبري للشحنات الكهربائية الحرّة الواقعة ضمن هذا السطح.

رياضياً:

$$\oint D\,ds = \sum q_r$$

ب- بما أنّ $D = \varepsilon_0 \varepsilon_r E$ فيمكن كتابة فرضية غاوس:

$$\oint (\varepsilon_0 E + P)\,ds = q_r$$

$$\oint E\,ds = \frac{\sum q_r}{\varepsilon}$$

أي أن سيالة شعاع الحقل الكهربائي عبر أي سطح يحيط بجسم ما يساوي إلى المجموع الجبري للشحنات الحرّة مقسوماً على ثابت العازليّة ε "سماحية الوسط"

ت- تتولد سيالة شعاع الحقل الكهربائي عبر أي سطح مغلق ؛ ليس فقط بسبب مجموع الشحنات الحرّة ولكن أيضاً بسبب مجموع الشحنات المقيّدة الواقعة ضمن هذا الجسم.

ورياضيّاً:

$$\oint E\,ds = \frac{\sum q_r + \sum q_f}{\varepsilon}$$



كُن مقياساً للجودة. فبعض النـاس غيرُ معتادين علىٰ محيطٍ يكون فيه التميّز والتفوّق أمراً مطلوباً

ستيف جوبز